

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

118

ANNÉE 1958

THÈSE

N°

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLOME d'ÉTAT)

PAR

Jean-Claude PAGES

licencié ès lettres

licencié ès sciences

chef de travaux délégué à la Faculté de Médecine de Paris

Né le 13 Novembre 1927 à SAIGON

présentée et soutenue publiquement le

PHYSIOLOGIE D'UNE MACHINE
QUI INVENTERAIT

(Essai d'application à la psychiatrie)

Président : Monsieur Jean DELAY (Professeur)

D. P. TAIB

8, Rue Casimir-Delavigne
PARIS - VI°

1958

FACULTE DE MEDECINE DE PARIS

-:-

Année 1958

N°

T H E S E

pour le

DOCTORAT EN MEDECINE

(Diplôme d'Etat)

par

Jean-Claude PAGES

licencié ès lettres - licencié ès sciences

chef de travaux délégué
à la Faculté de Médecine de Paris

né le 13 novembre 1927 à S A I G O N

-:-

Présentée et soutenue publiquement
le



-:-

PHYSIOLOGIE D'UNE MACHINE

QUI INVENTERAIT

(Essai d'application à la psychiatrie)

-:-

Président : Monsieur Jean DELAY (Professeur)

-:-

DACTYLO-SORBONNE

8, rue Casimir Delavigne

PARIS

1958.

PROFESSEURS HONORAIRES

MM. BENARD, BROCC, CADENAT, CHABROL, CHAMPY,
CHEVALLIER, CHEVASSU, DEBRE, DELBET, DONZELOT,
GASTINEL, GUILLAIN, HALPHEN, HARVIER, HAZARD,
HEUYER, LAROCHE G., LAUBRY, LEMAITRE, LEVY-SOLAL,
LHERMITTE, LIAN, LOEPER, MARION, MATHIEU, MOCQUOT,
MONDOR, MONOD, MULON, OLIVIER, OMBREDANNE, STROHL,
TANON, VELTER.

DOYEN Léon BINET
Membre de l'Institut
ASSEESSEUR Jean VERNE

I.- PROFESSEURS

MM.

Anatomie	CORDIER
Anatomie pathologique	DELARUE
Bactériologie	FASQUELLE
Biologie app. à l'Education phys. } et aux Sports }	CHAILLET-BERT
Biologie Médicale	FAUVERT
Cancérologie méd., sociale	BERNARD J.
Carcinologie	REDON
Chimie Méd.	JAYLE
Clinique Chir.	{ Hôtel-Dieu MENEGAUX
	{ Salpêtrière MOULONGUET
	{ Cochin QUENU
	{ Beaujon SICARD
Clinique Chir. cardio-vasculaire	G. d'ALLAINES
Clinique Chir. réparatrice et } orthop. }	MERLE d'AUBIGNE
Clinique de Cardiologie	MOUQUIN
Clinique Chir. infantile et } d'orthop. }	FEVRE
Clinique Chir. pleuro-pulm.	MATHEY
Clinique de la Tuberculose	BERNARD Et.
Clinique de neuro-chir.	PETIT-DUTAILLIS
Clinique de Puéricult.	LELONG
Clinique des maladies cutanées } et syphilitiques }	DEGOS
Clinique des mal. du sang	MARCHAL
Clinique mal. du système nerv.	ALAJOUANINE
Clinique des maladies des enf.	CATHALA
Clinique des maladies infectieuses	MOLLARET

Clinique des Maladies mentales et de l'encéphale	)} DELAY
Clinique du diabète sucré et des maladies de la nutrition	)} BOULIN
Clinique gynécologique	FUNCK-BRENTANO
Cliniques Médicales	{ BARIETY
	{ JUSTIN-BESANÇON
	{ MOREAU
	{ de GENNES
Clinique Méd.hydro-climat.thérap.	DEBRAY
Clinique médicale propédeutique	{ PASTEUR-VALLERY
	{ RADOT
Cliniques obstétricales	{ LANTUEJOUL
	{ VARANGOT
	{ LACOMME
Clinique ophtalmologique	RENARD
Clinique oto-rhino-laryngologique	AUBIN
Clinique psychiatrique infantile	MICHAUX
Clinique rhumatologique	COSTE
Clinique stomatologique	DECHAUME
Clinique urologique	FEY
Embryologie	GIROUD
Génétique	LAMY
Histoire de la Méd. et de la Chir.	SOULIE
Histologie	VERNE
Hygiène et Clinique lère Enfance	TURPIN
Hygiène et Méd. Préventive	JOANNON
Médecine du Travail	DESOILLE
Médecine Légale	PIEDELIEVRE
Parasitologie et hist.nat.Méd.	GALLIARD
Pathologie chirurgicale	COUVELAIRE
Pathologie exotique	LAVIER
Path. expérimentale et comparée	LENEGRE
Path. Hum. et Immun. exp.	MERKLEN
Pathologie médicale	DECOURT
Path. et Thérap. générales	GARCIN
Pédiatrie sociale	JULIEN MARIE
Pharmacologie et matière méd.	CHEYMOL
Physico-chimie méd.	N...
Physiologie	BINET
Physique médicale	DOGNON
Problèmes alimentaires (ch.t.pers.)	HAMBURGER
Radiologie médicale	DESGREZ
Technique chirurgicale	PATEL
Thérapeutique	BROUET
Thérapeutique chirurgicale	SENEQUE
Thérapeutique médicale	LEMAIRE

II.- PROFESSEURS SANS CHAIRE
MAITRES DE CONFERENCES-AGREGES ET AGREGES

MM.

Anatomie (CABROL
(DEBEYRE
(DELMAS
(OLIVIER G.
(Melle GAU-
Ana.Path. (THIER V.
(BUSSE
(GOUYGOU
Bactério- (CHRISTOL
logie (NEVOT
Biol. Méd. BOURLIERE
Chimie méd. (ETTORI
(POLONOVSKI J.
Dermato-syph. DUPERRAT
Embryologie TUCHMANN
Histologie (COUJARD
(N.
Hydrologie CORNET
Hygiène (BOYER
(DEPARIS
Mal.infect. BASTIN
Médecine (DEROBER
légale et (GAULTIER
du Trav.) (HADENGUE
Neurochir. DAVID
Neurologie LHERMITTE
(GRASSET
(LE LORIER
Obstétrique LEPAGE
(MERGER
(MORIN
(RAVINA
(ROBEY
Ophtal- (BREGEAT
mologie (DESVIGNES
Orthopédie JUDET
Oto-rhino- (AUBRY
laryngol. (MADURO
Parasito. PRUMPT
Parasito.col. CHABAUD
(ABOULKER
Pat. chir. (BARCAT
(BAUMANN
(CAUCHOIX

MM.

(DUBOST
(FAUREL
(FLABEAU
(GERMAIN
(GOSSET
(LAURENCE
(LORTAT-JACOB
(OLIVIER (Cl.)
(POILLIEUX
(THOMERET
(VERNE (J.M.)
Pat. chir. (MAURICE
(LOEPER
(BOUVIER
(BOUDIN
(BRICAIRE
(BRISSAUD
(CASTAIGNE
(CONTE
(DEROT
(DOMART
Path.Med. (LAMOTTE
(LAROCHE
(MACREZ
(MILLIEZ
(PEQUIGNOT
(PERRAULT
(RAMBERT
(ROYER
(THIEFFRY
(TURIAF
(WOLFROMM
(POLONOVSKI Cl.
Pédiatrie (MOZZICONACCI
(JOSEPH
Pharmacol. Melle LEVY
(BARGETON
Physiol. (DEJOURS
(PARROT
Physique (DJOURNO
Médicale (GOUGEROT
Pneumo-phtis. KREIS
Psychiatrie (BARUK
(PICHOT

MM.		MM.
Psych.infant. N...		Urologie.....KUSS
Rhumatologie.....DELBARRE		Thérapeut.....CHASSAGNE
Stomato.....{ CHAPUT Mme		
	{ CERNEA	

III.- PROFESSEURS HONORAIRES
ET AGREGES RAPPELES A L'EXERCICE
pour le Service des Examens

M. LE LORIER.

IV.- PROFESSEURS SANS CHAIRE ET
AGREGES CHARGES DE COURS DE CLINIQUE ANNEXE
A TITRE PERMANENT

MM.		MM.
{AMELINE	Urologie.....N...	
{HUGUIER		{DREYFUS
Clin.Chir. {LEGER	Clinique Méd. {HAGUENAU	
{PADOVANI		{KOURILSKY
{ROUX		
Clinique) { ECALLE		
obstét.) { MAYER		
Clin.opht. OFFRET		

Secrétaire de la Faculté M. MOREL
Secrétaire-Adjoint Melle CHAINTREUIL

Bibliothécaire en Chef Dr HAHN
Conservateur Melle GOICHON
Bibliothécaires { Melles DUMAITRE
LE NOIR
LAURENT
QUIEVREUX

Par délibération en date du 9 décembre 1798,
l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les
dissertations qui lui seront présentées, doivent
être considérées comme propres à leurs auteurs
et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation
ni improbation.

A ma femme

A ma mère et à la mémoire de mon père

A ma tante, à mon oncle et tuteur

Marcelle et Jules DRIESSENS

A toute ma famille



Digitized by the Internet Archive
in 2026

A Monsieur le Professeur Jean DELAY

Professeur de Clinique des Maladies
mentales à la Faculté de Médecine de
Paris

Docteur ès lettres

Membre de l'Académie nationale de
Médecine

Chevalier de la Légion d'Honneur

qui me fait l'honneur de
présider cette thèse

A Monsieur le Professeur Agrégé PICHOT

qui a bien voulu me conseiller

A Marcel BOLL

en profonde gratitude

A Monsieur le Professeur M.-F. JAYLE

qui m'a permis de poursuivre
mes études tout en m'initiant
à la recherche

A mon maître,

Monsieur le Professeur André STROHL

en témoignage respectueux de mon
admiration et de ma très vive
reconnaissance

A mes maîtres au laboratoire de
Physique Médicale

A Monsieur le Professeur André DOGNON

A Monsieur le Professeur André DJOURNO

A Monsieur le Professeur Louis GOUGEROT

en témoignage de ma respectueuse
reconnaissance

Au Médecin-Général GRAND-PIERRE

Au Médecin-Colonel GROGNOT

Au Médecin-Commandant BOUVEROT

Aux Médecins et Pharmaciens du CERMA

A Bernard CAILLER

Grâce à qui mon service militaire
fut aussi une formation scienti-
fique

Au Docteur François MAZOUÉ

Au Docteur Jacques MAUBOUSSIN et à sa femme

Au Docteur Jules DIVINE

A tous mes amis

PHYSIOLOGIE D'UNE MACHINE
QUI INVENTERAIT

-:-

Essai d'application à la psychiatrie

PRELIMINAIRES

-:-

Ces quelques pages rejoignent d'innombrables modèles de mécanismes imaginés, a priori, pour imiter les performances d'un cerveau. Il ne s'agit pas d'un système de poulies, avec renvois de sonnette, cher au XIXème siècle ; ni même d'un assemblage de transistors équipés de capteurs variés. Les analogies vraiment fécondes que pourrait receler un animal artificiel ne se dégagent qu'à grand'peine, masquées, le plus souvent, par un anecdotisme biologique d'intérêt fort secondaire. En élaborant ce schéma fonctionnel de relations organisées en un modèle, on s'efforcera tout particulièrement d'interpréter ce que le cybernéticien appelle parfois "création de l'information", ce que le profane baptisera plus simplement "invention".

Cette "tentative de réduction naturaliste" voudrait aboutir à un système d'idées directrices utilisable au carrefour de plusieurs disciplines, à un modèle heuristique en psycho-physiologie. Un neurophysiologiste pur n'y trouvera peut-être pas une hypothèse de travail scientifique, au moins actuellement, car l'articulation directe avec une confrontation expérimentale apparaît bien problématique. Aussi avons-nous surtout cherché à définir un cadre formel disponible, aménagé pour accueillir les transpositions de doctrines diverses (la psychanalyse ou la Gestalt par exemple). Bien entendu, seul le

spécialiste d'une discipline est habilité à faire la police dans son domaine. Nous tenterons seulement, en présence de systèmes interprétatifs extérieurs, aux justifications souvent hétérogènes, d'extraire des structures utilisables vis-à-vis du modèle fonctionnel. qu'elles contribueraient justement à préciser ; tout en espérant, par un processus en retour, pouvoir mieux cerner certains paradoxes méthodologiques et même les doter d'un caractère presque opératoire.

A titre d'essai, nous avons réfléchi dans ce sens à quelques problèmes traditionnels en psychiatrie.

Nous remercions d'avance vivement les lecteurs qui nous communiqueraient les critiques ou suggestions que leur inspirerait ce travail.

CHAPITRE I

MACHINES ET INFORMATION

-:-

Les multiples manifestations de la vie suscitent depuis longtemps des tentatives d'imitation. Aux modèles mécaniques succèdent les dispositifs électroniques ; le célèbre canard de Vaucanson cède la place à la tortue de Grey Walter.

Depuis une dizaine d'années environ, cet ensemble d'essais s'est codifié - ou essaie de se codifier - sous l'emblème d'une nouvelle discipline : la Cybernétique. Elle déborde du reste largement cette définition, mais il nous suffira de préciser, ici, qu'un cybernéticien exploite systématiquement le raisonnement par analogie. C'est un savant qui s'efforce d'utiliser le même type de méthodes - voire les même méthodes - pour étudier des structures vivantes (plus particulièrement le cerveau) et une machine au sens le plus général. Le problème étant ainsi posé, on imagine sans peine que des motivations idéologiques auront tendance à venir perturber les échanges de vues purement scientifiques. Cette ingérence de mobiles parascientifiques n'est d'ailleurs pas toujours incompatible avec des résultats positifs : les expériences de Pasteur sur la génération spontanée, citées depuis

l'école communale jusqu'aux cours de faculté, s'inspiraient d'un courant d'idées vitaliste : la vie ne peut naître que de la vie. Pour préciser rapidement notre point de vue, nous nous bornerons à imaginer une polémique à propos de l'eau de mer, polémique qui aurait pu être historique sinon dans la lettre, au moins dans l'esprit : Des "imitateurs" veulent prouver que la mer n'est pas un phénomène à part dans "la Nature" et qu'on peut la synthétiser en préparant une solution de chlorure de sodium. Leurs adversaires rétorquent, après y avoir plongé un poisson, que cette pseudo-mer n'entretient pas la vie. Reprenant le travail, les imitateurs fabriquent alors une solution équilibrée. - Oui, mais il n'y a pas de vagues... Vue sous cet angle, la situation, dès le départ, apparaît sans issue ; "nulle part ailleurs que dans la mer, on ne retrouvera, simultanément, l'ensemble des caractères qui constituent la mer" (Marcel Boll).

Nous nous heurtons en fait à un problème de choix des critères. Il faudrait dégager des "fonctions" (1) très générales mais qui présentent toutefois une réelle spécificité. L'expérience des décennies qui précèdent, si elle a montré qu'on pouvait imiter avec un succès presque convaincant de multiples aspects de la vie, et même de la vie intelligente, a montré également que les difficultés à surmonter sont peut-être plus d'ordre méthodologique - voire épistémologique - que d'ordre purement technique. Nous y reviendrons plus longuement au Chapitre III.

Parmi les caractères spécifiques qui permettent, encore, d'opposer le comportement d'un être vivant évolué à celui des machines

(1) voir page 12.

actuelles les plus perfectionnées, il semble que le plus caractéristique soit l'invention. Les machines, jusqu'ici et à notre connaissance, n'inventent pas ou, si l'on préfère, elles ne peuvent pas créer d'information (1). Dans le cadre de la définition de l'information utilisée par les spécialistes des télécommunications, l'information ne pourrait que diminuer à travers un circuit dépourvu d'êtres humains. Si un mot venait à disparaître dans le bruit de fond; il ne pourrait pas être restauré, recréé par les fluctuations de ce bruit de fond.

On lit parfois, à propos des performances des cerveaux électroniques, que ces machines ont un comportement intelligent, qu'elles "trouvent" des solutions. Ce point de vue ne résiste guère à la critique : ces calculatrices, si perfectionnées soient-elles actuellement, ne créent pas plus d'information qu'un boulier d'enfant. Ce sont des machines spécialisées exécutant des tâches prédéterminées ; elles incarnent en somme une axiomatique pré-établie dont elles ne peuvent sortir et fournissent à la sortie une information au plus équivalente à celle que l'on y a introduite.

- "Elles fournissent manifestement plus" serait-on quelquefois enclin à penser. La confusion tient à l'amphibologie du mot information que l'on a choisi dans le langage courant pour éviter de créer un néologisme. Ici, comme dans bien d'autres cas analogues, cet avantage certain est en partie compensé par le risque de redonner au mot, au cours de la discussion, son sens vulgaire. Par exemple : une calculatrice donne, à la sortie,

(1) Raymond Ruyer (voir bibliographie).

une information (au sens vulgaire) certainement plus importante que celle fournie à l'entrée ; c'est pour cela qu'on l'a construite. Pourtant, au sens strict, la conclusion d'un problème posé est implicitement contenue dans l'énoncé ou, plus exactement, la conclusion est identique aux prémisses. Contre cette objection, on invoque parfois la possibilité de rétro-actions au niveau même de la programmation. La difficulté subsiste pourtant, et les dernières-nées des machines à traduire rentrent encore dans le cadre précédent. Si certaines machines, grâce à des complications étagées, parviennent à un "comportement" imprévisible pour le constructeur lui-même, elles n'échappent pas non plus aux mêmes critiques, si l'on analyse soigneusement la signification de l'"imprévisibilité" de leur comportement.

Ici, pourtant, la prudence s'impose : séduits par le type d'arguments que nous venons de rappeler brièvement, certains auteurs, emportés par leur élan et souvent soutenus par des convictions idéologiques, concluent à une impossibilité fondamentale, pour un système "purent matériel", de créer l'information. Affirmation sujette à caution, si l'on songe aux deux milliards d'êtres humains qui peuplent la terre, et pour ne parler que de l'homme. Nous en revenons à l'imitation de la mer : que la création de l'information soit réalisable dans le cadre de la physicochimie, notre outillage mental actuel doit nous le faire considérer comme un point acquis. Ce qui apparaît moins sûr c'est que ce même outillage mental humain puisse imaginer un autre dispositif, avec des matériaux fort différents d'une organisation cellulaire, et jouissant néanmoins de propriétés semblables. La difficulté évidente - voire l'impossibilité apparente - d'une

telle conception, à plus forte raison d'une telle réalisation, ne devrait pas se muer en une interdiction originelle. En fait, l'histoire des sciences illustre à quel degré il est difficile d'imposer, d'avance, une limite à l'ingéniosité. Que l'on y prenne garde : il ne s'agit pas ici, comme on l'a parfois prétendu, d'une chimère assimilable à la poursuite du mouvement perpétuel ; la physique interdit effectivement la réalisation du mouvement perpétuel, à notre échelle, et c'est même sur cette interdiction qu'elle est en partie construite ; alors que, axiomatiquement, rien n'interdit de construire une machine créant l'information ; nous savons même, de source sûre, qu'il en existe ; seulement nous ignorons, encore, comment elles fonctionnent.

Sans même concevoir les solutions utilisées par un cerveau, nous avons vraisemblablement intérêt à imaginer, indépendamment de son étude, des "simulateurs" possibles. Un simulateur constitue la partie essentielle d'une machine analogique, machine qui permet de transposer formellement des problèmes apparemment fort divers. Le simulateur transforme les données qu'on lui soumet de la même façon, quant au résultat final tout au moins, que si l'on avait effectivement réalisé l'expérience, mais il suit le plus souvent des voies différentes. On parvient ainsi à connaître, approximativement mais rapidement, certaines données sans recourir à l'expérience, ni au calcul. L'utilisation des machines analogiques prend tout son intérêt, lorsque le calcul est long ou même directement impossible. Des montages électriques équivalents, formellement, à des voies de communications routières permettent aux spécialistes des Ponts et Chaussées de prévoir les répercussions d'une interruption donnée de trafic

sur d'autres tronçons routiers, avec une précision étonnante. L'importance de ces dispositifs "équivalents" devient chaque jour plus grande. Parfois, l'identité formelle dans les résultats globaux se précise jusque dans le détail du fonctionnement. On considère alors qu'il s'agit d'un véritable modèle (1).

Notre dessein, au cours de ce travail, sera de présenter un schéma global de relations qui esquisserait un simulateur du comportement inventif. Au cas où cette prétention s'avérerait justifiée, il resterait encore à envisager, bien entendu, si, vis-à-vis du fonctionnement cérébral, un tel simulateur mérite aussi le nom de modèle.

-:-

(1) L. Couffignol (numéro spécial de Cybernétique 1953).

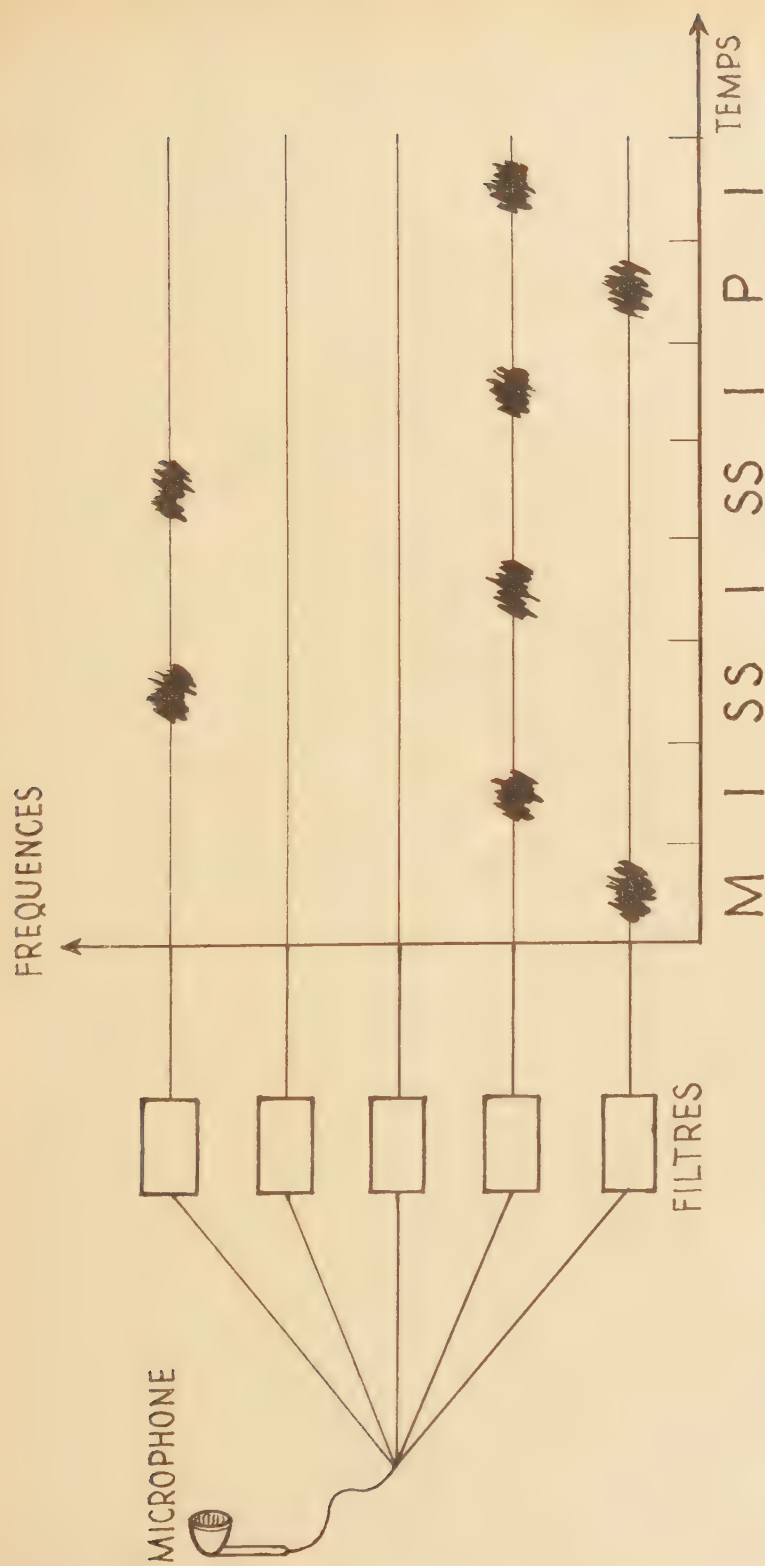


Fig:1 - LE TELEPHONE POUR SOURDS (d'après R.R. POTTER)

CHAPITRE II

ESQUISSES CONCRETES

-:-

Deux exemples concrets éveilleront peut-être mieux l'attention du lecteur qu'un exposé linéaire systématique tout en nous permettant de dégager d'emblée les principaux éléments que nous utiliserons par la suite.

Le téléphone pour sourds, mis au point aux Etats-Unis sous le nom de "visible speech" transpose, comme son nom le suggère, une information téléphonique sous une forme visuelle. Normalement, les signaux basse fréquence transmis sur la ligne sont appliqués à la bobine mobile de l'écouteur, restituant ainsi l'information (une conversation par exemple) sous forme de vibrations acoustiques. Dans le visible speech, ces signaux sont appliqués à un système de filtres, placés en dérivation, dont les bandes passantes, juxtaposées, couvrent les fréquences intéressées dans la transmission. Le signal de sortie de chaque filtre contrôle l'illumination de la bande horizontale correspondante d'un écran fluorescent qui se déroule linéairement en fonction du temps et dont l'ordonnée

représente l'étagement des fréquences. On voit sur la figure qu'à chaque instant, le son envisagé se code sur l'écran sous forme de taches situées sur la même ligne verticale. L'expérience a montré qu'un sourd peut apprendre à lire directement sur un tel écran fluorescent ; la difficulté de cet apprentissage est analogue à celle de l'écriture braille. Il ne s'agit en somme, jusqu'ici, que d'un exemple de codage, en principe relativement simple.

Superposons maintenant à ce dispositif un certain nombre de modifications. L'écran fluorescent est remplacé par un ensemble d'ampoules électriques disposées sur un écran rectangulaire ; chaque rangée horizontale de lampes correspondant à un filtre, on voit qu'il y aura autant de rangées horizontales, c'est-à-dire autant de lampes dans une colonne verticale, qu'il y aura de filtres, c'est-à-dire d'échelons adoptés pour l'analyse fréquentielle du signal téléphonique. L'échelle horizontale reste une échelle temporelle. L'intervalle de temps séparant deux lampes correspond à la "définition" temporelle : ce sera pratiquement le temps durant lequel on peut considérer que la structure phonatoire n'a guère le temps de changer de façon significative. Le nombre total de lampes dans une rangée mesure alors évidemment la capacité temporelle d'emmagasinement du système, ou si l'on veut sa "mémoire immédiate". Pour fixer les idées, adoptons 5 intervalles de fréquences et 1/10e de seconde entre deux colonnes. Imaginons maintenant que nous analysions cette image du bloc des lampes avec une camera de télévision, en adoptant un balayage vertical qui explore successivement chaque colonne verticale et en supposant que la réponse d'une lampe quelconque au signal issu du filtre correspondant

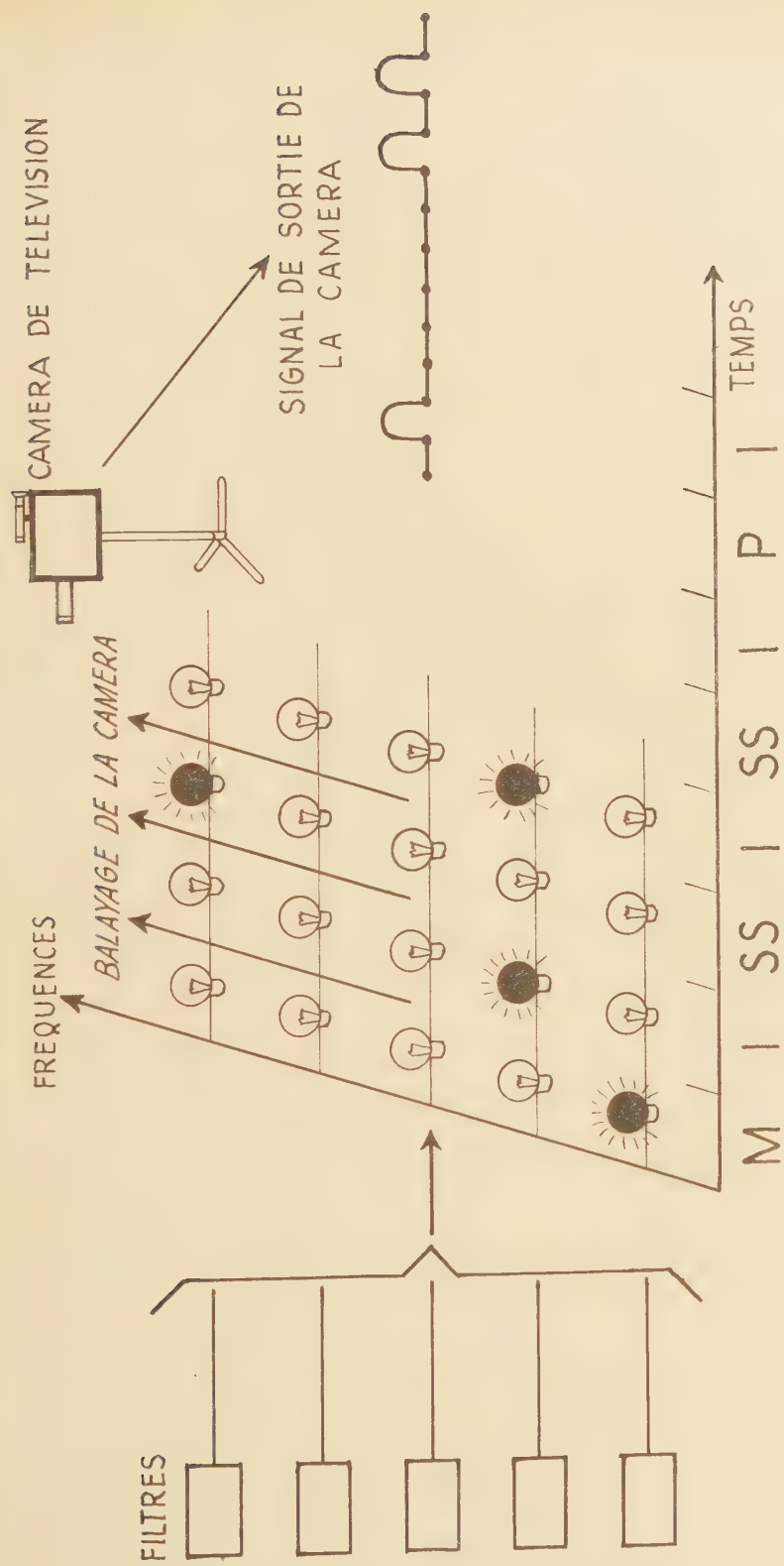


Fig.2 - CODAGE TEMPOREL D'UNE INFORMATION SPATIALE

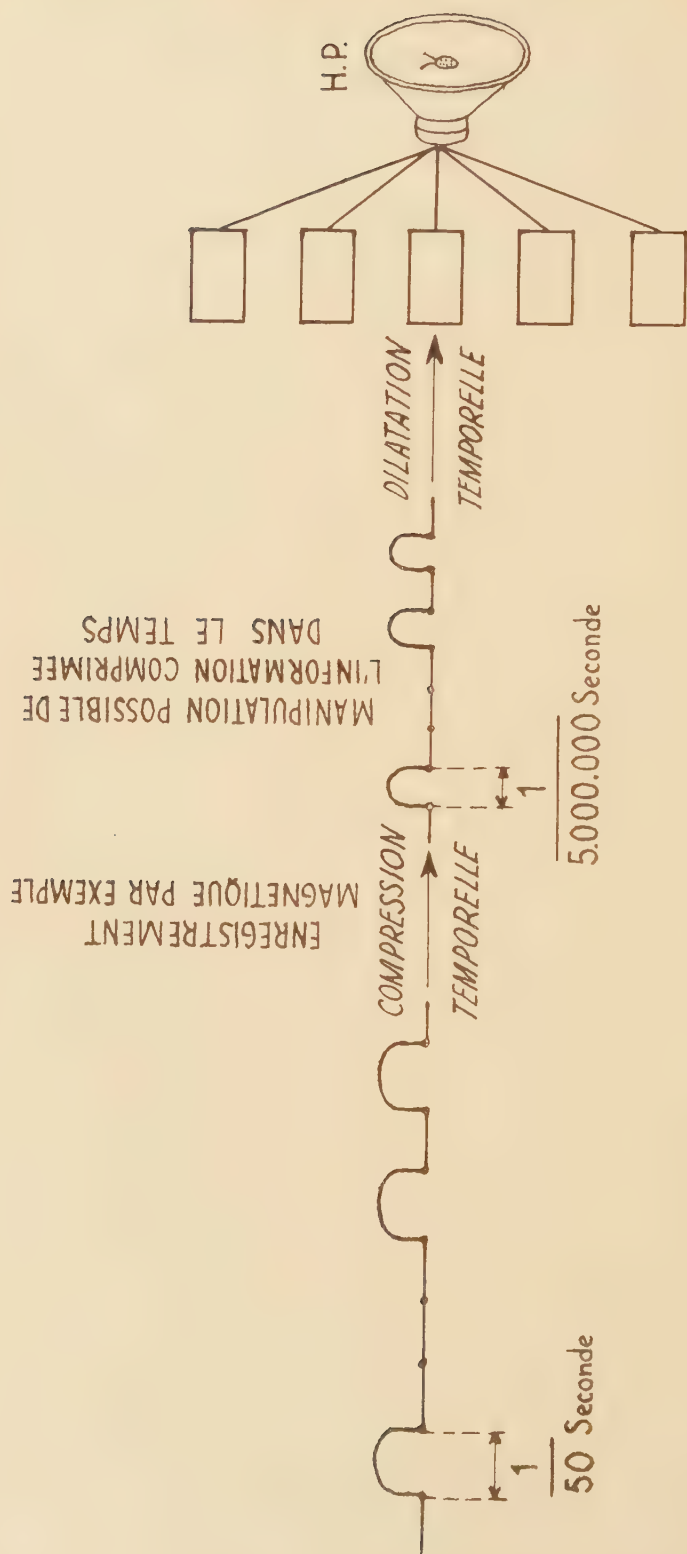


Fig: 3 - COMPRESSION DE L'INFORMATION

obéisse à une loi en tout ou rien. Dans ces conditions, le signal fourni par la camera exploratrice revêt la forme d'une suite de signaux carrés ; si le balayage respecte l'échelle des temps réels, chaque signal carré élémentaire dure $1/50^e$ de seconde. Ces "tranches d'information" peuvent être enregistrées et conservées de diverses manières et en particulier sur bande magnétique. On pourrait, éventuellement, restituer à cette information conservée une forme acoustique en la décodant par des générateurs basse fréquence symétriques aux filtres, branchés en parallèle sur un haut-parleur. En fait, il ne s'agira pas là de l'information initiale stricto sensu. On voit sans peine qu'indépendamment des distorsions parasites au niveau des divers étages, une distorsion systématique a été introduite lors de la répartition des échelons de fréquence et surtout lors de l'adoption d'une loi en tout ou rien. Malgré cela, la tolérance du cerveau humain permet la compréhension d'une information aussi déformée. Un procédé assez analogue a été utilisé pour transmettre des messages secrets en temps de guerre, mais l'utilisation courante du procédé, malgré l'économie de la transmission, n'est guère commercialisable, car l'utilisateur aime reconnaître la voix qui lui parle.

Poursuivons nos modifications ; on sait qu'il est actuellement possible d'obtenir des enregistrements magnétiques pour des fréquences atteignant plusieurs mégacycles, et de conserver sur bande magnétique les signaux vidéo des émissions de télévision. Par ailleurs, il existe des enregistreurs permettant de transposer les vitesses de défilement. Si nous insistons sur l'existence de telles techniques, c'est à titre de simple curiosité documentaire, pour fixer les idées, et sans la moindre arrière-pensée de

démonstration pratique. On peut donc imaginer que notre signal crénelé, support de l'information verbale, ce signal qui avait au départ une fréquence de base de 50 cycles, pourrait éventuellement être manipulé après compression dans le temps à cinq mégacycles par exemple. En supposant qu'un mot demande en moyenne une seconde pour être prononcé, il serait possible de faire défiler en une seconde 100.000 mots sous forme condensée ; rappelons que, dans toute son oeuvre, Victor Hugo a utilisé moins de 9.000 mots. Bref, nous cherchions surtout à illustrer par cet exemple pratique la possibilité d'un codage économique de l'information et surtout le fait que ce codage peut s'effectuer sous forme extrêmement comprimée dans le temps. En supposant que la manipulation de cette information puisse se faire à l'échelle comprimée, on ouvre la porte à des mécanismes de manipulations qui seraient exclus a priori, si l'on supposait qu'ils s'effectuent à l'échelle ordinaire des temps.

Jusqu'ici rien n'indique comment naîtrait l'information. Pour le suggérer, décrivons le fonctionnement d'un service administratif (1) assez curieusement organisé (voir figure 4) : Un visiteur présente une carte au réceptionnaire ; des employés ordinaires recherchent dans tout le fichier une fiche qui lui ressemble suffisamment, mais leur méthode de recherche n'est guère évoluée... : ils explorent, çà et là, le stock des fiches jusqu'à ce qu'ils trouvent une fiche qui paraisse convenir ; la fiche choisie parvient au chef de service qui fait exécuter les ordres qu'elle comporte.

(1) Cet exemple administratif nous a été proposé par J.-P. Schwab.

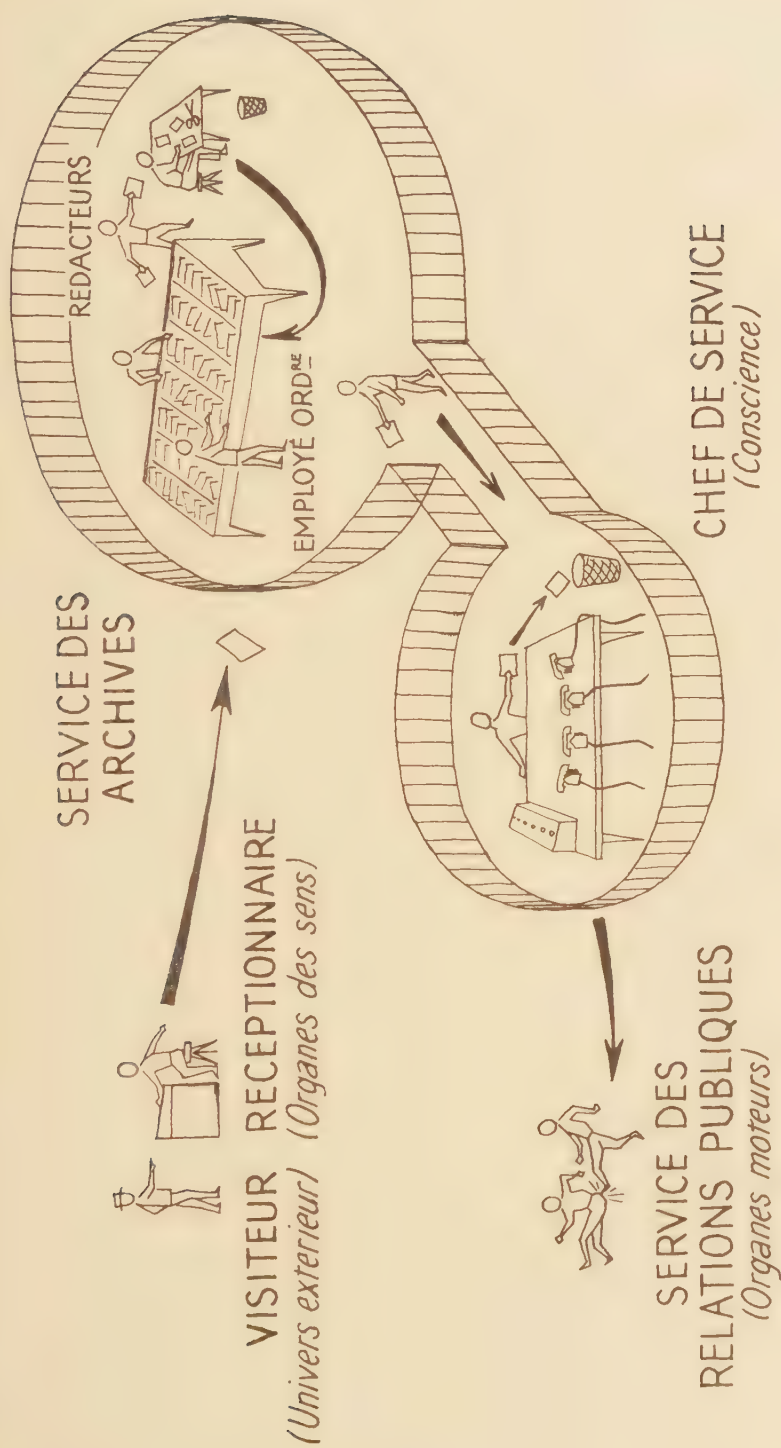


Fig: 4

On pourrait aisément "broder" sur ce schéma ; mais l'important n'est pas là. Le service comporte également d'autres employés aux fonctions assez spéciales : les "rédacteurs". Ces rédacteurs, évoluant autour du fichier selon des inclinations personnelles plus ou moins capricieuses, s'emparent de fiches au hasard. Ils recopient ces fiches qui s'effaçaient peu à peu ; quelquefois de leur mieux, souvent avec des modifications arbitraires. Il leur arrive de les couper en morceaux et de les recoller au petit bonheur. Ils réintroduisent naturellement ces fruits de leur fantaisie dans le fichier et, fait curieux quoique prévisible, telle fiche ainsi créée sera ultérieurement choisie par un employé ordinaire qui estimera qu'elle s'adapte à ce que lui présente le réceptionnaire. Si son opinion se trouve confirmée en haut lieu, cette fiche sera jointe aux fiches classées parmi celles que l'on explore le plus souvent.

Il ne faudrait surtout pas imaginer que ce fichier fonctionne à partir d'un cadre de classification bien défini, ou même bien intelligent. Au contraire ; on se repose essentiellement sur l'extrême vélocité avec laquelle les employés ordinaires explorent les fiches. Souvent, certes, ils sont aidés dans cette tâche par quelques renseignements transmis par d'autres services, leur suggérant un certain ordre d'exploration. Ces autres services sont naturellement bâtis d'après le même moule et leurs rapports eux-mêmes s'inspirent de directives analogues.

Nous venons de prendre une sorte d'instantané du fonctionnement de ce service, une fois établi ce qu'on pourrait appeler un

régime permanent. Ceci suppose que le service fonctionne depuis un certain temps et aussi qu'il ait commencé... On devinera sans doute sans peine qu'en fait, ce sont les rédacteurs qui ont créé toutes les fiches et qu'ils ont créé toutes ces fiches sans jamais s'inquiéter à l'avance de ce à quoi elles pourraient bien servir ; ou si même elles devaient jamais servir à quelque chose, tels ces mathématiciens qui inventèrent coniques, tenseurs ou matrices, sans se préoccuper en aucune façon des astres, de la relativité ou de la structure de l'atome.

Par ces deux exemples, nous avons surtout cherché à suggérer les deux notions de base qui nous serviront par la suite :

- La codification de l'information sous forme comprimée dans le temps permet de substituer une exploration systématique à un choix judicieux ; d'assimiler le discernement à une méthode d'essais-erreurs aveugle et accélérée.

- Certaines modifications continuelles et aléatoires d'une information préalable, peuvent, si elles sont suffisamment nombreuses, revêtir ultérieurement un caractère adaptatif et donner ainsi naissance à une information qui n'était pas, en principe, "contenue" dans la structure initiale.

CHAPITRE III

LE LANGAGE FONCTIONNEL

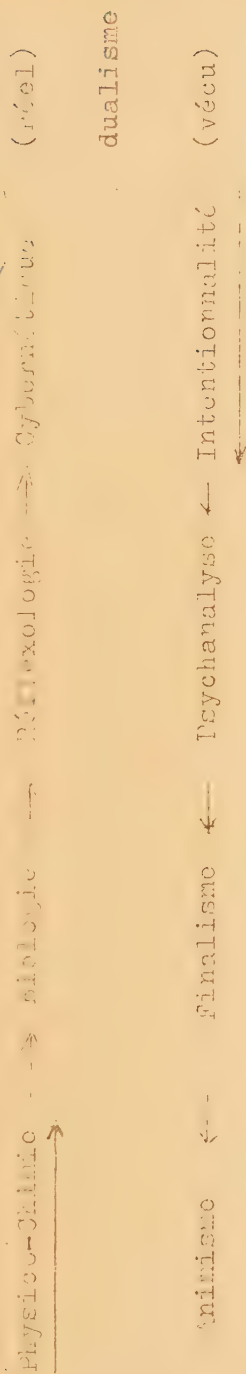
-:-

Au cours de ce chapitre, nous nous attachons à une mise en place méthodologique. Bien que cet aspect du problème revête à nos yeux une importance majeure, il n'est pourtant pas directement indispensable à la compréhension du modèle que nous proposons et le lecteur désireux de parvenir rapidement au fait peut éventuellement négliger tout ce chapitre et passer au suivant.

L'honnête homme de cette moitié du XXème siècle se heurte à une tâche bien rude, tâche dont l'ampleur ne tient pas autant qu'on se plaît à y insister si souvent, à l'étendue - au nombre, pourrait-on dire - des faits connus. Il s'agit là, certes, d'un obstacle sérieux pour la prétention à l'universalité ; mais on peut espérer en des stockages du savoir plus accessibles, en des "digests" qui seraient bien faits. D'ailleurs les spécialistes, modernisation inéluctable de l'argument d'autorité, fournissent le renseignement précis, la recette efficace qui suffisent à la pratique de la vie quotidienne.

Mais la connaissance ne s'identifie pas à l'accumulation des faits connus. Encore faut-il aussi pouvoir penser ces faits comme vrais, en les jugeant valables vis-à-vis de systèmes qui, eux, ne sont pas des faits à retenir mais justement ce qui permet de les relier. Malheureusement dès que l'on s'écarte des disciplines solidement charpentées telles que la physique et la chimie, où la déontologie de l'esprit scientifique s'incarne avec le plus de pureté, on affronte les nombreux systèmes où l'hétérogénéité des critères chargés d'emporter l'adhésion donne un sentiment de malaise à l'esprit critique. Un médecin imprégné de la tradition anatomopathologique, admettra souvent difficilement l'affirmation que telle maladie "organique" s'identifie à la solution inconsciente d'un conflit familial ; même s'il en accorde le principe, il reste souvent éberlué des raisons qu'on lui fournit en guise de preuves. Par contre, un adepte des conceptions psychosomatiques s'indignera qu'elles ne figurent pas "encore" systématiquement et en bonne place aux programmes, conjointement aux "autres" sciences fondamentales. Par ces exemples médicaux, nous voulions suggérer l'existence de graves difficultés intellectuelles qui, en un certain sens, ne sont pas très récentes ; elles alimentèrent durant des siècles les discussions sur la théorie de la connaissance. Mais, fait nouveau, elles débordent maintenant le plan épistémologique pour s'installer au coeur de la méthodologie contemporaine. A leur égard les attitudes varient : Souvent un commerce étroit avec les faits concrets ou bien une spécialisation poussée empêche de vivre ce malaise intellectuel. Parfois on ne l'évoque que pour le repousser, pour tranquilliser l'esprit critique. Quelquefois aussi on cherche à le "dépasser" par une synthèse. Mais les tentatives de synthèse parvenues à notre connaissance ne nous ont guère convaincu et nous partageons entièrement l'opinion de Grey Walter

Relativisme de l'expérience (pensée scientifique)



Interprétationisme de la signification (pensée anthropomorphique)

- Figure 5 -

qui écrit à propos de l'une d'elles :

"Le but était apparemment de réunir les principes et usages de Freud, Jung, Adler, Pavlov, du behaviourisme, de la guérison par la foi, de la Science chrétienne, de l'auto-suggestion, du Yoga et de la théosophie, en un unique système pratique d'analyse et de traitement. La résultante est le plus bas dénominateur commun de tous ces cultes, qui y incorporent leurs imperfections et exagérations, tout en ignorant leurs subtilités et implications. Or nous devons justement nous garder de cette manière de faire, car ce qu'il nous faut, c'est préserver et cultiver précisément ces points de croissance de la science et non en arranger arbitrairement, comme des fleurs coupées, les efflorescences stériles et exotiques".

Nous ne prétendrons donc pas, ici, allonger la liste de ces synthèses. Nous désirons au contraire mettre l'accent sur les oppositions au lieu de chercher à les masquer ; espérant ainsi dégager des raisons, même provisoires, pour adhérer à telle interprétation ou la suspecter, pour soulager d'irritantes contradictions, bref pour éviter, autant que possible "de nier ce qui est et d'expliquer ce qui n'est pas".

Si nous ordonnons diverses disciplines, strictement scientifiques, par ordre de complexité (1) croissante, nous jalonnerons une succession telle que la suivante (reproduite à la première ligne du tableau ci-contre) :

Physico-chimie, Biologie, Réflexologie, Cybernétique

(1) "Complexité" n'est, bien entendu, pas synonyme de "difficulté". On postule seulement divers niveaux d'organisation ; un niveau plus "complexe" utilisant les résultats des niveaux précédents comme éléments de départ.

En écrivant ces quatre noms, et dans cet ordre, nous nous référons à une déontologie intellectuelle homogène, l'esprit scientifique, solidaire de méthodes expérimentales éprouvées et aboutissant en principe à un accord unanime des intelligences normales. La notion d'explication y trouve là son sens le plus fort, en coïncidant avec une série d'implications paramétrées par le temps. En s'astreignant à respecter ces normes, la démarche intellectuelle ne peut alors rencontrer que des événements qu'elle explique par des relations. Une telle ligne de pensée interdit l'espoir de déboucher directement sur du "vécu", du "mental" ou même sur des "significations". Comme le souligne Robert Blanché dans sa thèse, une explication, stricto sensu, de "La critique de la raison pure" (Emmanuel Kant - 1781) conduit à envisager l'ouvrage par son manuscrit, comme un événement de l'histoire de l'univers. Ce que l'on désigne par les "sources" de cette oeuvre sont, elles aussi, homogènes à des événements spatio-temporels. Une telle explication, cela va de soi, se situe bien au-delà de la portée de notre science, même si l'ensemble de notre outillage mental actuel nous invite à l'admettre comme théoriquement justifié.

Mais on peut, heureusement, utiliser une tout autre méthode pour rendre compte de "La critique". Sans nous aventurer à travers la physico-chimie cérébrale de Kant, nous utiliserons cet ouvrage et ces sources, non comme des événements, mais comme des significations. Nous tenterons de refaire par nous mêmes le travail accompli jadis par Kant. On interprétera alors en termes de signification au lieu d'expliquer en termes de relations. Le déterminisme, ou plutôt la prévisibilité classique y perd son sens. Cette psychologie inter-

prétative est aux antipodes de ce que serait une psychologie explicative proprement dite.

Les tendances de la psychologie moderne peuvent ainsi se répartir en deux courants : La réflexologie, issue des travaux d'Ivan Pavlov (1849-1936) sur les réflexes conditionnés, se présente comme un prolongement de la physiologie tandis que, vers l'autre extrémité, la psychanalyse, notamment sous l'étiquette de "psychologie clinique", représente la tendance interprétative. Le behaviorisme hésite entre les deux perspectives et essaie même de les concilier : les développements modernes de ce mouvement (André Tilquin, 1942) cherchent à y introduire, sinon la conscience elle-même, du moins le sens du comportement, son adaptation, et autres notions purement interprétatives, étrangères à la physiologie.

Mais cette dualité n'appartient pas en propre à la psychologie ; on peut la retrouver dans les autres secteurs de la connaissance, et elle contribue à combler le prétendu fossé qui la séparait des autres sciences. Il est fréquent, dans les traités de physiologie, de voir une pseudo-explication finaliste, purement verbale, du type interprétatif, intercalée entre deux chaînes d'implications physico-chimiques. On se laisse aller, par exemple, à invoquer un "besoin" qu'a le rein diabétique d'éliminer beaucoup d'eau, "pour entraîner tout ce sucre", après avoir développé des raisons authentiquement scientifiques de l'hyperglycémie.

Sur le plan épistémologique, ces deux attitudes doivent rester distinctes. Parfaitement valables séparément, c'est leur mélange inconsideré qui donne, à juste titre, un sentiment de malaise à l'esprit critique. Mais si de telles impuretés doivent être stigmatisées,

elles sont toutefois inévitables. D'une part les exigences de rendement pratique obligent souvent à se contenter d'un niveau adapté à une simple compréhension pratique des symptômes, et, d'autre part, le traité physicochimique de physiologie sans lacunes reste encore à écrire.

Nous voici amenés à écrire une seconde ligne à notre tableau de la figure 5. Prévenons d'avance la possibilité d'un malentendu : Nous ne prétendons pas que cette seconde ligne réunirait les "erreurs" et que la première aurait le monopole de la validité. C'est même un aspect de notre thèse que de tenter une sorte de restauration méthodologique de certains aspects du point de vue finaliste. Mais il nous faut auparavant distinguer des modes de penser qui n'ont rien de commun, même si leur objet se situe au même niveau de complexité.

Le sens des flèches de notre tableau suggère l'origine de la divergence. Les sciences explicatives se modèlent sur la physique et tout y est conçu en termes d'événements, les valeurs et les significations n'y ayant pas de sens.

Les systèmes interprétatifs, par contre, dérivent de l'intentionnalité humaine consciente. Elle n'est guère discutable. L'esprit scientifique le plus intransigeant est bien obligé de l'accepter quelles que soient les réserves d' "explication" qu'il ménage pour l'avenir. Le plus souvent on l'admet donc mais on cherche à limiter son domaine à la psychologie vécue et consciente en s'efforçant de proscrire des projections anthropomorphiques éventuelles. En ce sens l'animisme a disparu au profit de la physique. Le primitif prêtait au monde des choses les désirs

et les pouvoirs de son affectivité. Hormis le monde des poètes, aucune intelligence adulte ne le soutient plus et nous n'y insisterons pas.

Au niveau biologique, l'intentionnalité projetée conduit au finalisme qui voit des intentions et des significations aussi bien dans l'ensemble de l'évolution que dans les plus minces particularités anatomiques. Nous y reviendrons.

A partir du niveau suivant commence à se dessiner un contre-courant, assez surprenant pour celui qui s'attendrait à une élimination progressive mais systématique de ces projections qui lui paraîtraient a priori frauduleuses. L'intentionnalité humaine ne serait en effet plus seule à occuper une position méthodologique exceptionnelle opposée à celle des autres niveaux d'intégration. Les polémiques concernant les "desseins" autonomes et monstrueux de l'inconscient se sont, certes, facilement propagées grâce à la crédulité malsaine ambiante et les esprits scientifiques stricts avaient d'excellentes raisons pour y voir des vestiges d'animisme. Pourtant, il semble établi que le langage téléologique intentionnaliste s'adapte, avec une efficacité (tant heuristique que thérapeutique) très convaincante à d'autres niveaux que celui de la conscience humaine. Nous découvrons en somme à notre organisme une sorte de vie psychique autonome où une hypertension artérielle permanente résout un conflit affectif, où une angine de poitrine vient punir la famille etc. Bref, rien n'est insignifiant dans le comportement.

Certes on peut penser, on doit penser qu'il existe, en droit, une "explication" neuro-physiologique à tout ceci ; (c'est d'ailleurs

le but essentiel de la suite de ce travail). Néanmoins, c'est loin d'être le cas en fait. Aussi est-on méthodologiquement autorisé à utiliser à ce niveau, d'une manière strictement opérationnelle, des interprétations de significations à type téléologique. Au point de vue de la connaissance, de tels modèles n'ont guère plus de valeur que la "vertu dormitive de l'opium" ou que la "nervosité" d'une voiture (à défaut de la terminologie de l'ingénieur, cette dernière notion est utile). Il semble que ce soit d'ailleurs la seule voie d'accès pour préparer les éventuelles "explications" et c'est en ce sens que l'on pourra parler d'une unité de la psychologie.

La deuxième ligne du tableau ne donne que quelques types de systèmes interprétatifs. Pour chacun d'eux on pourrait mettre en évidence un parallèle analogue. Pour le providentialisme par exemple, le "conditionnement" du passé par le futur est solidaire, le plus souvent, d'un théisme ; les "fins" envisagées étant assimilées aux buts d'une intelligence plus ou moins omnipotente. Contrairement à une opinion courante, la découverte d'une "explication" pour ce que l'on appelle un miracle (1), n'a aucun pouvoir sur l'interprétation miraculeuse qui puise sa signification dans un système indépendant de l'enchaînement naturel. L'Eglise, prudente, prévoit d'ailleurs cette possibilité par les définitions du miracle données dans le droit canon. On pourrait également réfléchir aux projets de la volonté humaine vis-à-vis de leurs explications neuro-physiologiques...

 (1) Par exemple si l'on cherche à expliquer le miracle de Josué arrêtant la course du soleil par une réfraction dans les couches atmosphériques.

Cette opposition entre l'explication et l'interprétation aux sens où nous les entendons, va nous permettre de distinguer, autrement que l'usage ne le fait en général, l'organe et la fonction : Un organe existe dans la nature ; c'est un morceau de l'univers. Une fonction, pas plus que l'âme, ne se rencontre sous le scalpel. C'est une signification imaginée pour interpréter globalement un ensemble de phénomènes. Elle est hétérogène aussi bien à un système matériel qu'aux relations de raison à conséquence paramétrées par le temps qui peuvent s'y dérouler. Elle est par contre solidaire d'un système interprétatif.

Le schéma qui va suivre est délibérément fonctionnel et nous voudrions même pouvoir affirmer que "toute ressemblance avec des organes matériels, électroniques ou nerveux, serait purement fortuite"...

CHAPITRE IV

LES ECRANS SENSORIELS

-:-

Nous prendrons ici le mot "information" au sens banal et non au sens précis - voire quantitatif - qu'ont pu lui donner les cybernéticiens dans le domaine des télécommunications. En d'autres termes, nous y introduisons, par là même, toutes les significations éventuelles qui avaient été soigneusement expurgées - et à juste titre - pour obéir à des impératifs méthodologiques évidents. Aussi aboutissait-on facilement à un paradoxe, où l'information ne pouvait jamais naître, puisqu'on l'avait précisément amputée de ses ressources de renouvellement.

L' "information brute" correspondra donc pour nous à la structure qui sert de point de départ manifeste à l'élaboration cérébrale. En matière de vision, par exemple, il s'agira de la structure de l'ensemble des photons qui parviennent, à un certain moment, sur la rétine. En fait, il nous paraît préférable de définir l'information brute en tenant compte du codage préalable au niveau du récepteur périphérique. Cette étape de l'évolution de l'information n'est pas aussi bien connue qu'on le croit parfois. En matière de vision et d'audition notamment, on ignore encore ce

qui revient aux centres et ce que la périphérie peut faire toute seule. La rétine est déjà un centre nerveux, aussi bien embryologiquement que physiologiquement, dont on commence à peine (1) à soupçonner toutes les possibilités - autonomes - d'élaboration, lors de la transformation d'une certaine structure afférente de photons en influx nerveux transmis par le nerf optique. De toutes manières, la structure de départ - au niveau de "l'univers extérieur" - est toujours traduite en potentiels d'action caractérisés par une fréquence et une répartition spatiales données. Il y aurait aussi lieu de tenir compte de renseignements annexes, tels que les influx proprioceptifs issus des muscles oculaires ; mais nous négligerons tout cela pour entendre, par "information brute", la structure transmise par le nerf envisagé. Rappelons d'ailleurs que ces précisions biologiques viennent seulement illustrer un schéma conceptuel qu'elles ne peuvent pas plus confirmer qu'infirmes, tant que nous ne prétendons décrire qu'un "simulateur" de l'invention. L'étape qui consisterait à vérifier si un tel simulateur peut, aussi, servir de modèle pour le fonctionnement cérébral, a intérêt à être reportée à plus tard ; ce qui ne nous empêchera pas, pour faciliter l'effort d'abstraction, de situer quelques analogies biologiques à titre suggestif.

L'information brute va venir se coder, transitoirement, au niveau d'un "écran sensoriel".

Pour illustrer concrètement ce codage éphémère, on pourrait évoquer le dispositif du "journal lumineux" où les nouvelles défilent

(1) Ernest Baumgardt - W.A.H. Rushton.

sur un écran d'ampoules électriques. Cet exemple va nous permettre d'insister sur un certain nombre de points qu'il importe de bien préciser :

- Ce codage au niveau de l'écran sensoriel, quelles que soient ses modalités précises, marque le terme des transformations successives de l'information brute, issues de la structure extérieure. A partir de ce stade interviendra un tout autre processus que nous décrirons plus loin. L'écran sensoriel accueille en somme le dernier "écho direct" de l'univers physique.

- Cette ultime "version" de l'information brute va rester accessible pendant un certain intervalle de temps, où elle jouera le rôle de "témoin" lors du défilement d'une information d'origine interne (chapitre V).

CHAPITRE V

LES MODELES DE SIGNIFICATION

-:-

En décrivant le service administratif du chapitre II, nous avons déjà laissé prévoir que l'information brute n'offre somme toute qu'un prétexte extérieur et que la manipulation de l'information "véritable" dans le service porte exclusivement sur des données d'origine "interne". Ces données, nous nous efforcerons de les définir en éludant les précisions concrètes, trop chimériques. Nous voudrions atteindre une généralité suffisante pour que subsiste l'espoir d'une compatibilité avec des spécifications matérielles ultérieures. Mais ce souci de généralité risque de confiner à l'inefficacité ; il faudrait tenter d'approcher l'art, si propre au mathématicien, de manier des notions apparemment fort vagues avec une efficience parfois déconcertante.

Le lecteur pressent peut-être que ces structures internes réintroduisent les célèbres empreintes et engrammes, "supports matériels" de la mémoire. Bien entendu, l'arrière-pensée d'une isomorphie nous conduit entre ces structures internes, les structures externes (objets du monde extérieur) et les structures psychologiques de la représentation vécue. En ce sens, le titre de ce chapitre suggère au

lecteur, pour soulager son attention, d'évoquer les gestalts ou formes des psychologues ou encore les patterns des psycho-physiologistes ; ceci aussi bien sur le plan sensoriel et représentatif que sur le plan moteur.

Néanmoins, nous éviterons soigneusement de poser, d'emblée, une telle isomorphie. Selon nous, la faillite relative de ces concepts n'a pas d'autre origine. Vouloir définir dès le début un tel parallélisme, outre d'inextricables paradoxes épistémologiques ou même méthodologiques, conduit à court-circuiter, sans même l'avoir abordé, le problème que l'on se propose justement de résoudre, celui de la "correspondance". Nous nous cantonnons donc pour le moment sur un terrain strictement physique ; c'est-à-dire que nous n'introduirons, provisoirement tout au moins, ni "mental" ou "vécu", ni même d'objets extérieurs en tant que tels.

Qu'elle détienne ou non le pouvoir de créer l'information, une machine obéit toujours, en droit, aux lois physiques. Nous discernons, dans cette structure en évolution continue, une affluence de structures invariantes, distinctes de celles qui répondent simplement à la constitution statique (en quelque sorte "anatomique") de la machine. Indiquons, sans y insister, quelques exemples concevables qui suggèrent un aspect dynamique :

- Des points matériels se déplacent les uns par rapport aux autres mais respectent une relation topologique invariante ; par exemple : une course d'automobiles où l'ordre des voitures ne changerait pas du début à la fin.

- Des variations de potentiel, fort différentes par l'ampleur ou par l'échelle tempo-

relle peuvent être indiscernables pour certains discriminateurs qui concrétisent alors la relation d'invariance.

- Il n'y a pas de limites aux combinaisons imaginables qui aboutissent ainsi à l'invariance d'une ou plusieurs relations formelles, éventuellement "révélabes" par un discriminateur approprié.

Nous désignerons à l'avenir ces structures invariantes par le terme : "modèle". le choix de ce mot, qui prête certes à la critique, a pourtant paru préférable à un néologisme ou à l'utilisation de termes au passé trop lourd. Quant au mot invariant, indispensable pour une première approximation, il serait regrettable de le conserver explicitement, car, par la suite, invention et processus d'adaptation résulteront justement des fluctuations de cette invariance (chapitre VI).

Postulons maintenant à l'égard de ces modèles un certain nombre de propriétés :

- "En régime permanent", ils seront définis par leur invariance. On entendra par là aussi bien une invariance continue analogue à celle de signaux circulant en circuit fermé, qu'une invariance à caractère cyclique sinon périodique, par l'intermédiaire d'un germe ou programme (1). Un gène appartenant à un chromosome offre l'exemple d'une structure formellement (2) invariante à travers les vicissitudes de multiplications cellulaires réparties sur plusieurs millénaires. L'aspect phénotypique qui en dépend incarnerait par contre un exemple d'invariance cyclique (1).

-
- (1) Il est d'ailleurs théoriquement envisageable de toujours se ramener au premier type. En fait, il est impossible de s'aventurer plus loin sans idées précises sur le "discriminateur".
 - (2) Nous employons toujours le mot formellement dans l'acception précise de "point de vue formel" et jamais au sens de "absolument".

D'importantes difficultés d'ordre logique surgissent ici; même en faisant provisoirement abstraction du monde extérieur et du monde vécu, on ne tarit pas toutes les sources de paralogismes. L'exemple de l'aspect phénotypique est suggestif à cet égard : l'invariance réside certes moins dans les rides de ce pois que dans le caractère ridé d'un pois. Simple jeu de mot ? Il faudrait surtout éviter de le commettre involontairement et nous ne sommes pas sûrs d'y avoir réussi. William James le remarquait déjà : "le mot chien ne mord pas" et Marcel Boll rapproche didactiquement deux phrases correctes :

- (Paris a 5 lettres
-) Paris a 3.000.000 d'habitants

Le symbole et la chose symbolisée supportent des règles de manipulation communes. C'est même cette isomorphie qui détermine la fécondité d'un système de substituts symboliques comme le langage, surtout s'il est véritablement opératoire comme les mathématiques. La logique utilise également l'isomorphie entre un fait et son énoncé ; ils obéissent en effet aux mêmes règles de transformation formelles mais les précautions qui s'imposent, essentielles, ont exigé beaucoup d'efforts et d'erreurs préparatoires, avant de se laisser correctement définir à une époque toute récente.

Un modèle, tel qu'il vient d'être approximativement défini, s'apparente surtout à une relation, et il conviendrait de le distinguer d'avec ce qu'il symbolise, matériellement parlant. Sans cette distinction, on risquerait peut-être de s'étonner en lui découvrant à l'usage un don d'ubiquité inattendu ; tel ce monsieur qui, relevant son courrier, ren-

contrerait plusieurs fois un nom qu'il croyait unique.

Le caractère d'essai que revêt ce travail nous interdit de nous appesantir exagérément sur ce genre de difficultés. Nous sommes pourtant convaincus que ces préoccupations devaient déborder le cercle restreint des logiciens pour envahir davantage celui des psychophysiolgistes.

Les complications que nous avons superposées au "visible speech" devaient inspirer l'idée d'une compression de l'information interne dans le temps ; elle s'identifiait, dans le cas particulier, à une transformation particulièrement simple, à une affinité selon l'axe des temps. Cette transformation est linéaire, ce qui est fort séduisant mais rarement réalisé. Elle est aussi biunivoque mais ce caractère, en dépit de l'influence coercitive qu'il exerce sur la pensée des "physiologistes localisateurs" ne s'impose pas davantage.

Une étude plus approfondie des modalités théoriques d'une telle correspondance bénéficierait peut-être des méthodes de pensée de la topologie. Ici, nous cherchons surtout à rendre ces modèles accessibles à une "fonction exploration" (1) qui opérerait à une vitesse considérable (2).

-
- (1) L'application à la physiologie sensorielle de la notion "d'exploration" (illustrée en particulier dans la télévision) a été proposée indépendamment depuis une dizaine d'années par Grey Walter et par Mac Culloch.
 - (2) Les données numériques fournies au chapitre II suffiront à suggérer un ordre de grandeur pour l'échelle de référence envisagée.

Un modèle serait en quelque sorte assimilable à une clef qui "chercherait" à franchir une porte (l'écran sensoriel) dont l'information brute symboliserait la serrure. Cette analogie clef-serrure va nous faciliter la mise en place de certaines notions importantes :

- La serrure est fixe. En d'autres termes l'information brute ne pénètre pas dans la maison. Elle s'offre seulement durant un intervalle de temps assez bref, "simple prétexte" à l'essai des clefs, avant de disparaître définitivement.

- Oublions que telle clef a été "prévue" pour telle serrure (ou inversement). Ici, l'essai est si rapide qu'on a le temps d'explorer l'énorme trousseau de toutes les clefs disponibles. Un modèle ne passera que s'il est compatible avec l'information brute. Cette clef a ouvert mais peut-être une autre réussirait-elle aussi si l'on pensait à continuer. Peut-être même s'agirait-il d'un passe-partout. A priori - insistons sur cette notion vraiment essentielle - les modèles de signification compatibles avec l'information brute appartiennent, en droit, à un ensemble non limité même si, en fait, l'ensemble des modèles passés en revue lors d'une exploration comprimée dans le temps est forcément limité. Nous y reviendrons (chapitre VII).

- Succédant à un bref intervalle de "mémoire immédiate", cet écho direct du monde extérieur, que symbolise l'information brute, s'évanouit. Seuls subsistent les modèles qu'il a seulement permis d'extraire d'un stock préalable. Vue sous ce jour, l'information extérieure ne subit donc pas, à proprement parler, une suite de transformations qui l'amènerait, à travers une sorte de mise en conserve, à l'état d'information interne.

Bref, le système central ne canalise pas une information externe; au contraire, c'est l'information externe qui canalise une production centrale.

Nous admettions jusqu'ici l'existence préalable des modèles en supposant une sorte de régime permanent. Il nous incombe maintenant la tâche d'imaginer une genèse et une évolution pour ce stock de modèles et peut-être déboucherons-nous ainsi sur un mécanisme possible de l'invention.

-:-

CHAPITRE VI

LA CREATION AU HASARD

-:-

Le principe du simulateur d'invention que nous proposons s'appuie surtout sur deux notions . Nous avons développé la première au chapitre précédent : l'information brute ne subit pas à proprement parler de transformation ; elle n'intervient pas directement à l'intérieur de la machine ; elle permet seulement d'influer sur l'orientation du grouillement des modèles internes.

En deuxième lieu nous supposerons que ces modèles, dits invariants au début , subissent continuellement des modifications. Nous posons, pour cela, l'existence de ce que nous désignerons, faute de mieux, par l'expression "centres de distorsion". C'est à leur niveau que s'effectuera la création, l'invention proprement dite, ou plus exactement, la première étape, la condition.

Le mot "créateur" ne doit pas évoquer une incompatibilité avec la norme déterministe. L'évolution d'un modèle dans le temps reste, en droit, dans le cadre des lois physico-chimiques. Il s'agira seulement d'un changement de structure vis-à-vis de l'invariance

que nous avons postulée au chapitre précédent.

En reprenant l'analogie concrète clef-serrure, nous imaginerons qu'une clef donnée peut servir de point de départ à la fabrication de très nombreux exemplaires "nouveaux", plus ou moins différents les uns des autres. Ces multiples versions d'une même clef originelle lui sont homogènes, en ce sens qu'elles peuvent participer aux "essais" conjointement aux autres clefs du trousseau. L'une de ces clefs nouvellement créées s'adaptera éventuellement à une serrure qui, jusqu'ici, restait obstinément close. C'est alors seulement que ce modèle prendra une signification. Nous résumerons ce point de vue en disant que :

L'existence précède la signification

Nous n'épiloguerons pas sur les considérations probabilistes inhérentes à un tel mécanisme. Chacun peut y reconnaître le même principe général que celui qui essaie d'interpréter l'évolution biologique par la sélection au cours du temps de mutations dont la caractéristique essentielle est justement d'être aléatoires et, a priori, athématiques.

Le mot aléatoire tient naturellement, mais en un certain sens seulement, à l'ignorance des lois précises de son fonctionnement. On doit d'autre part admettre des feed-back reliant certaines conséquences de l'évolution des modèles au mécanisme de distorsion. Néanmoins - et c'est là un fait sur lequel nous insistons tout particulièrement - ces rétroactions ne tendent pas vers des déterminations rigoureuses. Le système créateur sera toujours supposé suffisamment isolé pour conserver à travers les lois - même

supposées connues - de son fonctionnement le caractère "créateur - continu - aveugle - relativement indépendant".

Quelques exemples concrets vont nous permettre de préciser cette importante distinction : lorsque l'on ne connaît pas les lois de fonctionnement de certains mécanismes, les résultats semblent obéir au hasard (un distributeur automatique de boulettes de chewing-gum par exemple). Mais dès que l'on connaît sa structure on peut prévoir le nombre de boules qui vont sortir. Par contre, il existe d'autres mécanismes où tout a été prévu pour que l'on ne puisse pas prévoir ; même - pour ne pas dire surtout - si l'on connaît le mécanisme. Une table de roulette par exemple : si l'on en a compris la structure on sait que le numéro qui va sortir est imprévisible car on s'est précisément arrangé pour cela.

S'il nous était possible d'envisager une réalisation concrète de notre simulateur, nous serions amené à prévoir un dispositif de ce second type, à prévoir un générateur de hasard comme élément essentiel de la machine. Il faudrait penser à utiliser, par exemple, une table de nombres au hasard ou, mieux, l'une des machines électroniques qui permettent de les établir. On pourrait également imaginer des billes d'acier tombant à travers des obstacles, les contacts à l'arrivée établissant des structures variables, etc... L'asservissement de certains degrés de liberté de ce mécanisme aux répercussions à d'autres niveaux de la machine, insistons-y, conserverait le caractère systématiquement aléatoire. C'est cela seulement qui, à nos yeux, opposerait une machine "classique" à une machine qui inventerait.

On devine que tous les modèles du régime permanent n'avaient pas d'autre origine. Chacun d'eux est susceptible de donner naissance, à travers les centres de distorsion, aux multiples exemplaires qui viendront se joindre aux autres. Ce serait leur grand nombre qui permettrait de concevoir la possibilité d'une "finalisation". Appliquée au problème de l'évolution biologique, la faible fréquence des mutations oblige à invoquer des laps de temps gigantesques. Ici, les limitations temporelles d'une rentabilité pratique (ou de l'adaptation biologique) obligent à se réfugier dans une fréquence élevée, associée à une "compression dans le temps". Mais il faut alors un mécanisme de sélection. Celle-ci pourrait jouer directement au niveau de l'écran sensoriel ; mais, plus vraisemblablement elle joue, avant et après, au niveau d'écrans fonctionnellement analogues mais où l'information externe est remplacée par des modèles internes jouant le rôle de la serrure. Par un tel processus on pourrait d'ailleurs rendre compte de la symbolisation indéfinie qui autorise les modèles de modèles, bref la hiérarchisation des significations, leur finalisation.

Nous avons volontairement passé sous silence la fermeture des boucles d'asservissement, c'est-à-dire les critères permettant la sélection que nous avons postulée. Pour beaucoup d'auteurs c'est l'aspect important. Certes. Mais le point de vue que nous adoptons ne nous permet pas d'y insister ; ou plus exactement de le concrétiser. C'est d'ailleurs précisément là l'aspect disponible de notre simulation ; l'aspect qui permettrait, si notre tentative devait mener quelque part, d'imaginer aussi bien une machine qui apprendrait (péniblement) à jouer à un jeu, qu'une autre qui composerait de la musique ou plus exactement qui apprendrait

à composer de la musique et ainsi de suite...

Il y aurait beaucoup à dire sur le mythe du "robot infaillible" qui, sitôt le dernier boulon vissé, serait censé se comporter d'emblée correctement. C'est cette mauvaise caricature qui suggère à tant d'hommes éminents des affirmations fort discutables sur le parallèle homme-machine.

C'est encore cette disponibilité qui va nous permettre, au chapitre suivant, de tester (assez globalement malheureusement) la compatibilité de ce simulateur avec les performances d'un cerveau en général et celles du cerveau humain en particulier.

CHAPITRE VII

UN MODELE POUR LE CERVEAU

-:-

Au cours de ce chapitre, nous essaierons de retrouver formellement, à travers le principe de ce simulateur, un certain nombre de résultats acquis par la psychologie et la psychiatrie. Il nous a semblé que ces résultats, sans être nouveaux en eux-mêmes, découlaient directement du modèle alors même que leur caractère parfois paradoxal semblerait en rendre l'accès difficile.

Répondons, au préalable, à une objection d'ordre neurophysiologique qui pourrait paraître sans appel ; il semble douteux, a priori, que les neurones puissent manipuler les fréquences considérables que nous avons supposées pour le fonctionnement de notre simulateur. Néanmoins, des systèmes à fréquence naturelle basse, s'ils sont associés en parallèle, peuvent jouer le rôle d'un système à fréquence bien supérieure. C'est le principe de l'enregistrement magnétique des fréquences très élevées. Le nombre des neurones laisse donc une certaine marge à l'ingéniosité.

Mais ce n'est pas sur ce terrain que nous entendons porter les essais, au moins provisoirement. Nous préférons tester globalement

le modèle à l'occasion des problèmes généraux de la perception ; en particulier nous "encadrerons" notre version de la perception normale par de brèves interprétations de perceptions "paradoxaes" : la perception cinématographique et l'hallucination. Depuis un demi-siècle se transmet pieusement une explication de l'illusion cinématographique fondée sur la persistance des images lumineuses sur la rétine. Une expérience simple montre pourtant que cette interprétation ne supporte pas l'examen : Si l'on place un sujet devant deux ampoules dont l'une est allumée et que l'on allume l'autre ampoule une fraction de seconde après avoir éteint la première, le sujet subit l'illusion très nette que l'ampoule s'est déplacée. Cette illusion est exploitée aussi bien par le cinéma que par les journaux lumineux ou par la télévision. En fait, loin de l'expliquer, la persistance des images lumineuses sur la rétine serait bien plutôt un obstacle à sa compréhension.

Dans le cadre du modèle, le phénomène n'a rien de surprenant ; il est même prévisible puisqu'un mécanisme discontinu joue déjà lors de la perception "ordinaire". En effet, dans ce dernier cas, l'information brute évolue bien d'une manière continue sur l'écran sensoriel, calquée sur la continuité des transformations extérieures, mais l'exploration par les modèles internes est discontinue. On conçoit alors que lorsque l'information externe présente une succession discontinue de tableaux, les "sondages" centraux aboutissent à un résultat identique à celui qu'ils auraient eu si l'infinité des intermédiaires s'était effectivement déroulée. La persistance des images permet seulement à l'exploration de ne pas rencontrer le néant (l'image noire).

Le fait qu'il y ait une illusion cinématographique sans apprentissage nécessaire préalable, devrait, nous semble-t-il, imposer l'idée d'un mécanisme central discontinu pour la perception.

Deux personnes qui contemplent le même nuage possèdent à chaque instant des images rétiniennes identiques. Pourtant ils ne perçoivent souvent pas la même chose. L'un verra une tête de chien alors que c'est un visage d'homme qui s'imposera à l'autre.

Depuis longtemps la théorie de la forme, la Gestalt, a insisté sur le syncrétisme originel de la perception. Ces notions, qui ne se sont pas dégagées sans peine, sont immédiatement prévisibles dans le cadre du modèle. Nous avons souligné cette notion que les significations compatibles avec l'information brute étaient en nombre non limité. Nous avons souligné également la disparition de l'information brute ; pensons aux nombreux exemples où l'on ne retient que ce que l'on a "perçu" (retenu après exploration) et non ce que l'on a "vu" (au sens de l'information brute). Ce phénomène banal est souvent masqué par la rétention d'un modèle de structure suffisamment générale pour pouvoir servir ultérieurement de "succédané" à l'information brute ; ce qui permet d'étaler dans le temps la possibilité de choisir une signification vraiment adéquate et particulière. Mais cette rétention est approximative et l'information brute disparaît toujours.

La fonction biologique de la perception nécessite une adaptation rapide qui, fait important, limite d'autant les possibilités de perfectionnement. Celles-ci correspondent en effet au temps nécessaire au défilement de significations plus nombreuses dont l'une finira par être plus rentable. Cet antagonisme

a été résolu, chez l'homme par exemple, par une survie prolongée de l'information brute grâce aux divers procédés de fixation (écriture, photographie, etc...). On pourrait par exemple développer un antagonisme analogue sur le thème paradoxal "la mémoire est l'art d'oublier" (Jean Delay) : un donné brut suppose une infinité d'interprétations possibles dont quelques unes seulement seront "retenues" ; si l'on allonge le "temps de défilement" (solidaire du nombre d'interprétations testées) on "laisse tomber" l'information brute qui arriverait pendant ce temps.

Le même type de mécanisme joue sur le plan praxique (moteur) au niveau de modèles, non plus perceptifs (mnésiques ou imaginatifs), mais programmatifs. On pourrait par exemple définir un écran de programmation symbolique où des structures transitoires, organisées par des explorations-sélections, constitueraient une faculté d'anticipation immédiate homologue, sur le plan moteur, à la mémoire immédiate sur le plan perceptif.

Remarquons qu'une activité continuelle est supposée dès le départ (analogue à une activité autorythmique) ; elle correspond à l'activité permanente des "centres de distorsion" reliés aux effecteurs par les dispositifs d'asservissement de l'exploration-sélection. Ce sont ces derniers qui modulent, et, statistiquement, finalisent cette activité de base. Les modèles se conservent, se remanient, subissent des distorsions, mais leur "manifestation" - au sens strict du mot - , consciente ou inconsciente, exige un cadre, un écran si l'on veut en prenant ce mot au sens le plus large. Envisageons rapidement le cas de la perception spatiale : il est impossible de voir distinctement et simultanément plusieurs plans de l'espace ; on peut seulement faire cadrer successivement divers plans

avec les notions devant-dérrière. Cette limitation n'est pas seulement imposée par l'accommodation oculaire. La même difficulté se retrouvera pour l'étudiant en anatomie, lors de ses efforts de représentation stérique, à cause d'une sorte d'accommodation cérébrale. Ce cadre semble comporter une stratification symbolique limitée à quelques unités.

Nous appellerons "écrans perceptifs" ces cadres de manifestation des modèles. Si nous voulions brosser un rapide tableau de l'ensemble de la perception, nous pourrions imaginer une sorte de salle de projection qui accueille les bobines triées au niveau de l'écran sensoriel. Alors que l'information brute "suit" directement le rythme imposé par le monde extérieur, la projection jouit de certains degrés de liberté. Il lui faut accompagner autant que possible l'information externe et ne pas se laisser dépasser par les événements. Elle peut influencer plus ou moins directement sur le rythme des explorations. Au fur et à mesure du défilement des bobines, elle provoque des présélections dans les explorations qui lui permettent de ne pas "rester à court". Pourtant, il arrive que l'exploration au niveau de l'écran sensoriel ne ramène pas de bobines utilisables. Un événement extérieur "inconnu" ou peut-être simplement inattendu s'est produit. On n'a "pas eu le temps" de voir alors qu'on aurait vu si l'on s'y était tant soit peu "attendu". Un enfant ne voit pas. Un aveugle-né non plus : leur stock de modèles n'est pas encore constitué.

Mais cette salle de projection est aussi disponible pour des bobines qui ne viennent pas directement de l'écran sensoriel mais qui, comme les autres, peuvent se projeter. On voit l'homogénéité des modèles imaginatifs et des modèles mnésiques. On pourrait dire

qu'à l'origine tous les modèles sont imaginatifs ; mais certains d'entre eux seront estampillés à l'occasion d'une confrontation avec un fragment d'information brute (qui, bien entendu, leur est hétérogène). Notons que ces modèles, qualifiés alors de mnésiques, sont néanmoins toujours entraînés dans les mécanismes de distorsion (probablement par le processus même de leur conservation) et le caractère que, - faute de mieux et provisoirement - on appellera "imaginatif" reparaît. La parenté de la perception avec l'hallucination - si proche que, pour le malade qui la vit, elle confine à l'identité - est sans doute un des aspects les plus surprenants de la clinique psychiatrique ; celui, en tout cas, qui frappe le plus l'imagination du profane.

La plupart des interprétations tentent de ramener l'hallucination à la perception par l'intermédiaire de la mémoire. C'est la réduction inverse que nous sommes conduits à soutenir.

Un des caractères les plus évidents attribué à l'hallucination, son origine interne, constitue justement ce qui la rend incompréhensible à première vue. Car on l'oppose instinctivement à la perception qui paraît déboucher naturellement et directement sur un monde extérieur solide et "réel". A travers notre schéma, au contraire, l'hallucination apparaît comme un processus presque plus simple, qui court-circuite un mécanisme surajouté aboutissant à la perception. Car la perception, elle aussi, ne manipule que des données internes. Ces données internes qui tourbillonnent en un désordre plus ou moins bien canalisé, défilent au niveau de l'écran sensoriel. Grâce à lui, toute cette gigantesque théorie de modèles aboutira à une pro-

jection interne qui, chez les sujets "normaux" et après apprentissage, réussit à édifier un monde perceptif.

L'hallucination n'est donc pas un mécanisme étranger dans son essence à toute cervelle normale, bien au contraire : c'est la perception qui est une hallucination ; mais cette hallucination est encadrée par tant de sondages vers l'information brute qu'elle en arrive à nous faire nous imaginer de plein pied avec le monde extérieur.

Le rêve, de longue date comparé avec l'hallucination servirait de prétexte à des réflexions analogues. De plus, la courte durée objective d'un rêve, source d'étonnement pour le rêveur qui a l'occasion de la comparer avec celle qu'il a vécue, concorderait a priori assez bien avec les mécanismes de compression symbolique que nous avons postulés.

Jusqu'ici nous nous sommes surtout efforcés à mettre en place un schéma formel pour la réception, l'action - voire la création. Nous avons pu en déduire certaines propriétés générales qui nous ont semblé compatibles avec les faits. Il resterait maintenant à aborder les asservissements et les processus de symbolisation. Mais à cet égard le formalisme de notre modèle ne nous permet plus de déduire. Par contre il reste disponible pour accueillir des spécifications. Depuis une cinquantaine d'années de gros progrès ont été accomplis et on a dégagé de nombreux aspects de ces mécanismes de symbolisation.

C'est à l'essai de leur transposition dans le cadre de ce modèle que nous consacrerons un travail ultérieur.

CONCLUSIONS

-:-

"En abordant l'étude du cerveau, les sciences naturelles voient leur remarquable progression marquer un temps d'arrêt. Et cet arrêt semble dû à la rencontre d'une grave difficulté, car c'est justement le cerveau qui, sous sa forme la plus élaborée : le cerveau humain, crée les sciences naturelles". Cette remarque de Pavlov suggère les nombreux paradoxes que soulève toute théorie biologique du comportement évolué. On y voit même souvent une interdiction originelle et définitive. Cette interdiction, nous l'avons par principe levée dès le départ ; sans avoir, bien entendu, à prouver une attitude que nous adoptions comme une norme de travail, comme un des multiples aspects de ce que Léon Brunschvicg appela "le préjugé de l'intelligible".

Nous avons illustré cette prise de position en soumettant à la réflexion du lecteur un projet - purement fonctionnel - de simulateur pour le comportement inventif :

Le discernement y résulte d'un processus essais-erreurs systématique, opérant sur des modèles d'origine exclusivement interne, codés économiquement dans le temps. L'information externe, simple prétexte, ne pénètre pas dans la machine.

L'invention s'identifie alors à quelques unes des innombrables distorsions, continuelles et aléatoires, de ces modèles qui viennent rejoindre le stock déjà "utilisable".
L'existence précède la signification.

Nous avons, enfin, essayé d'utiliser ce simulateur en tant que modèle pour le fonctionnement global d'un cerveau humain. Qu'il nous ait été possible, ainsi, de retrouver formellement diverses notions dégagées par la psychologie, normale ou pathologique, nous ne l'envisageons certes pas comme une démonstration, mais comme un encouragement provisoire à poursuivre notre réflexion en ce sens.

Ce modèle, sous la forme disponible que nous avons tenu à lui conserver ici, reste trop imprécis pour "apporter" à la psychiatrie. Il nous semble au contraire que si l'impression de "compatibilité" dégagée au cours du survol de quelques problèmes psychiatriques devait se confirmer par la suite, les données psychiatriques permettraient de le préciser. Sans elles, une réflexion intellectuelle a priori ménerait sournoisement vers des mécanismes trop empreints d'intelligence alors que le cerveau ne semble guère en être pourvu qu'au niveau d'un bilan global, façade sinon trompeuse, du moins bien fragile. Ce serait à travers ces "ratés", par l'entremise des processus de symbolisation étranges qu'ils nous laissent entrevoir, que l'on pourrait envisager de situer les asservissements du modèle, interprétant ainsi les créations de ce que l'on nomme l'esprit en même temps que ses dérèglements. Car, ainsi que l'écrit Jean Delay, "la folie est contenue dans l'homme... et la raison tout entière ne serait que l'ensemble des forces qui s'opposent à la folie".

Vu :
Le Président :
signé : J. DELAY

Vu :
Le Doyen :
signé : L. BINET

Vu et Permis d'Imprimer
Le recteur de l'Académie de Paris
signé : Jean SARRAILH

BIBLIOGRAPHIE

-:-

Cette liste se limite aux ouvrages qui nous ont le plus directement servi.

BLANCHE (Robert)

La notion de fait psychique
(Alcan) 1935

BOLL (Marcel)

Manuel de Logique scientifique
(Dunod) 1947

BOLL (Marcel) et PAGES (Jean-Claude)

Les étapes de la connaissance
(Hermann) 1953

BRUNSCHVICG (Léon)

Les âges de l'intelligence
(PUF) 1934

DELAY (Jean)

Les maladies de la mémoire
(PUF) 1942

FESSARD (Alfred)

Cours au Collège de France 1954-1957

GREY WALTER

Le cerveau vivant
(Delachaux et Niestlé) 1954

GUIRAUD (J.-Th.)

La cybernétique
(PUF) 1954

GUIRAUD (Paul)

Psychiatrie Générale
(Le François) 1950

Mc CULLOGH (W.S.) and PITTS (W.)

The Bulletin of Mathematical Biophysics
September 1947

MOREAU (Jacques)

Boustrophédon
(Gallimard) 1951

RUYER (Raymond)

La Cybernétique et l'origine de l'in-
formation
(Flammarion) 1956

